

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 40 19 704 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 40 19 704.2  
㉔ Anmeldetag: 21. 6. 90  
㉕ Offenlegungstag: 3. 1. 91

⑤① Int. Cl. 5:  
**B 23 B 5/44**  
B 24 B 33/00  
B 23 B 41/04  
F 02 F 1/00

DE 40 19 704 A 1

③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①  
01.07.89 DE 39 21 693.4

⑦① Anmelder:  
Volkswagen AG, 3180 Wolfsburg, DE

⑦② Erfinder:  
Krüger, Hermann, Dr., 3180 Wolfsburg, DE;  
Grüschow, Gerhard, Dr., 3300 Braunschweig, DE;  
Westphal, Christian, Dr., 3174 Meine, DE

⑤④ Werkzeugmaschine zum Bearbeiten einer elliptischen Bohrung

Zur Bearbeitung von Bohrungen (E) mit elliptischem Querschnitt, wie sie bei Reihen-Brennkraftmaschinen zur Bildung von Zylindern Einsatz finden, dient eine Werkzeugmaschine mit einem einsinnig rotierend angetriebenen Exzenter (e) und einem Werkzeughalter (W), der um einen Drehpunkt (D) am Ende des Exzenters (e) drehbar gelagert und derart angetrieben ist, daß er um den Drehpunkt (D) gegensinnig zur Rotation des Exzenters (e), aber mit gleicher Winkelgeschwindigkeit ( $\omega_R$ ) rotiert (Figur 1).

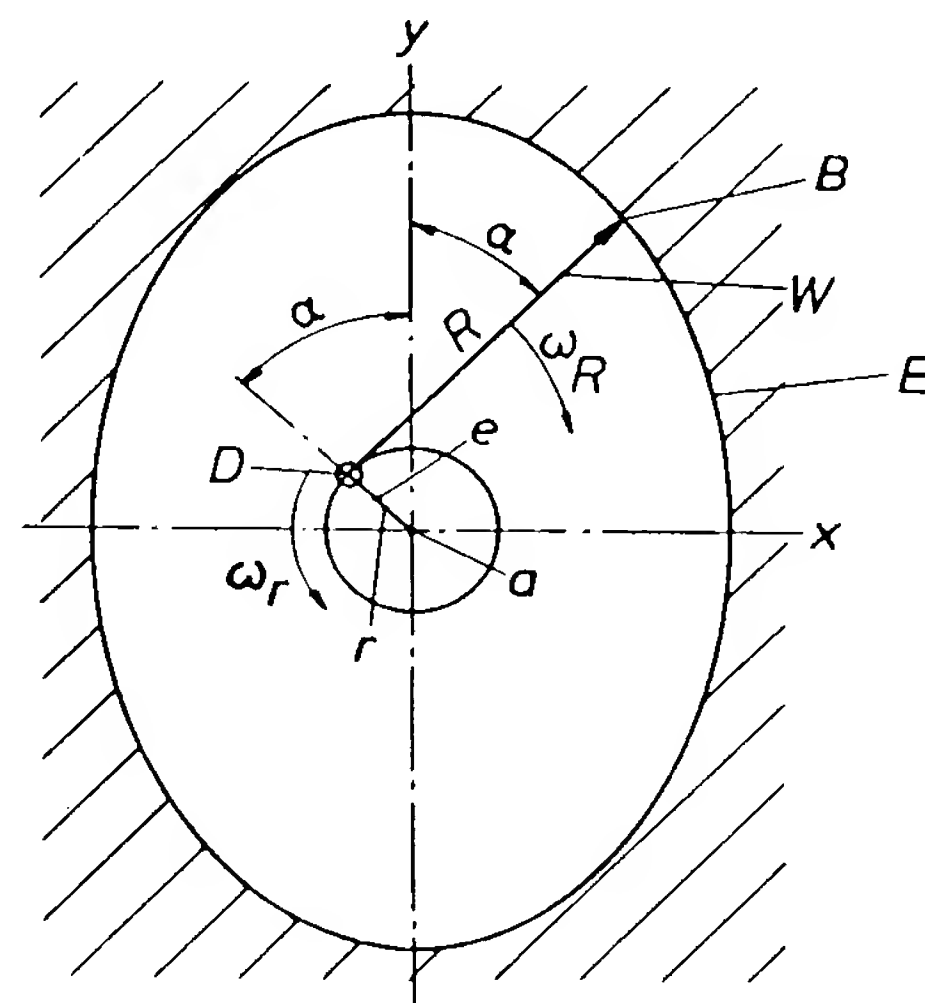


FIG 1

DE 40 19 704 A 1

Die Erfindung betrifft eine Werkzeugmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Bohrungen mit elliptischem Querschnitt werden beispielsweise bei Brennkraftmaschinen mit Reihenanordnung der — durch die Bohrungen gebildeten — Zylinder vorgesehen, um die Baulänge der Maschinen möglichst klein zu halten. Verständlicherweise müssen derartige Bohrungen mit hoher Genauigkeit ausgeführt werden, da beispielsweise bei Zylinderblöcken von Hubkolben-Brennkraftmaschinen in diesen elliptischen Bohrungen die Hubkolben ihre Bewegungen unter hoher Dichtheit mit möglichst geringer Reibung und verschleißfrei ausführen müssen. Entsprechendes gilt für elliptische Ventilsitze.

Zur Bearbeitung derartiger elliptischer oder ovaler Bohrungen ist es bekannt, über mechanische Übertragungsmittel eine Meisterkontur auf die Zylinderinnenkontur zu übertragen. Auch ist es bekannt, eine Kontur konstanten Abstands von der Zylinderinnenkontur im Zylinder anzuordnen und durch Übertragungsmittel zu umfahren. Weiterhin ist bekannt, aus einem in der Bohrung rotierenden Kreiszylinder ein Werkzeug radial aus- und einzufahren, um so eine ovale Innenzylinderfläche zu erzeugen. Weiterhin hat man auch bereits einen werkzeugtragenden Schlepphebel innerhalb der Bohrung rotieren lassen, der so verstellt wird, daß er eine ovale Innenzylinderfläche erzeugt.

Alle diese bekannten Bearbeitungsverfahren gestatten jedoch nicht die Fertigung mit einer derart geringen Toleranz, daß — zur Veranschaulichung wird wieder der bevorzugte Einsatzfall der Erfindung betrachtet — die erforderliche Dichtheit zwischen der Zylinderinnenfläche einerseits und dem Kolben bzw. den Kolbenringen einer Brennkraftmaschine andererseits sichergestellt ist. Bei der Übertragung von Meisterkonturen auf die Zylinderinnenfläche treten wegen Abweichungen und Verschleißes der Meisterkontur, wegen der Spiele und Verformungen der Übertragungsmittel, insbesondere aber auch wegen des durch die Innenbearbeitung beschränkten Bauraums innerhalb des Zylinders größere Abweichungen von der Sollkontur auf. Weitere Schwierigkeiten ergeben sich dadurch, daß durch die Art der Werkzeugführungen die Winkelstellung des Werkzeugs bezüglich der zu bearbeitenden Flächen sich relativ stark über den Umfang ändert.

Aus der DE-PS 12 24 586 ist eine Einrichtung zum spanabhebenden Bearbeiten der Mantelflächen von Körpern mit trochoidenförmigem Querschnitt bekannt, wie sie bei Drehkolbenmaschinen vorliegen, die einen um eine Drehachse einsinnig rotierend angetriebenen Exzenter vorgegebener Exzentrizität und einen Werkzeughalter enthält, der den Arbeitsbereich (beispielsweise also die Spitze eines Schneidstahls) des Werkzeugs in einem vorgegebenen radialen Abstand vom Ende des Exzenters und um dieses gleichsinnig zur Rotation des Exzenters rotierend hält.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine gattungsgemäße Werkzeugmaschine, d. h. eine solche zum Bearbeiten einer Bohrung mit elliptischem Querschnitt, zu schaffen, die eine sehr exakte elliptische Bohrungsinnenfläche mit möglichst geringen Änderungen des Winkels des Werkzeugs (Stahl, Honleiste) zur Bohrungsinnenfläche und mit einer Vorschubgeschwindigkeit des Werkzeugs ermöglicht, die in der Größenordnung der Vorschubgeschwindigkeiten bei der Erzeugung zylindrischer Bohrungsinnenflächen liegt.

Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe besteht in den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs, vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung beschreiben die Unteransprüche.

Auf den ersten Blick bestehen Ähnlichkeiten zwischen der Erfindung und der Einrichtung nach der zitierten DE-PS 12 24 586. Während diese jedoch speziell zur Herstellung bzw. zum spanabhebenden Bearbeiten von Körpern mit trochoidenförmigem Querschnitt ausgelegt ist, wozu, wie sich zeigen läßt, die Drehungen von Exzenter und Werkzeughalter gleichsinnig sein müssen, betrifft die Erfindung speziell eine Werkzeugmaschine zum Bearbeiten einer Bohrung mit elliptischem Querschnitt, und es läßt sich nachweisen, daß hierfür die beiden erwähnten Drehbewegungen gegensinnig erfolgen müssen. Außerdem sind, wie ebenfalls im kennzeichnenden Teil des Hauptanspruchs angegeben, zur Erzielung einer vorgegebenen Ellipse, gekennzeichnet durch ihre Halbachsen, definierte Bemessungen von Exzentrizität und Abstand des Arbeitsbereichs des Werkzeugs, im folgenden auch schlagwortartig als Länge des Werkzeugträgers bezeichnet, vom freien Ende des Exzenters erforderlich.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** das Prinzip der erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine,

**Fig. 2** schematisch, teilweise im Längsschnitt, eine erste Ausführungsform,

**Fig. 3** eine zweite Ausführungsform,

**Fig. 4** eine dritte Ausführungsform und

**Fig. 5** eine vierte Ausführungsform der Werkzeugmaschine.

Betrachtet man zunächst **Fig. 1**, die schematisch einen Querschnitt durch die elliptische Bohrung E und die wesentlichen Teile der erfindungsgemäßen Werkzeugmaschine wiedergibt, so erkennt man den um die Mittelachse a der Ellipse E mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega_r$  rotierenden Exzenter e, der die Länge r besitzt. An dem freien Ende des Exzenters e ist im Drehpunkt D der Werkzeughalter W gelagert. Er besitzt einschließlich des Werkzeugs zwischen dem Drehpunkt D und dem jeweiligen Bearbeitungspunkt B auf der Ellipse E die Länge R und rotiert im entgegengesetzten Sinne wie der Exzenter e mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega_R$ , die betragmäßig gleich  $\omega_r$  ist. Bezeichnet man die Dreh- oder Schwenkwinkel mit  $\alpha$ , so lassen sich für jeden Bearbeitungspunkt B die Koordinatenwerte

$$\begin{aligned} x(\alpha) &= (R - r) \cdot \sin \alpha \\ y(\alpha) &= (R + r) \cdot \cos \alpha \end{aligned}$$

ableiten.

Es handelt sich dabei um eine Ellipse mit den beiden Halbachsen  $R + r$  und  $R - r$ .

Diese Beziehungen werden bei den im folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen von erfindungsgemäßen Werkzeugmaschinen nachgebildet.

Betrachtet man zunächst **Fig. 2**, so ist mit 1 ein Antriebsmotor üblicher Bauart, beispielsweise ein Elektromotor, bezeichnet, dessen Achse 2 den Exzenter e trägt. Zur Bildung des in **Fig. 1** mit D bezeichneten Drehpunkts trägt der Exzenter e an seinem äußeren Ende die parallel zur Achse 2 verlaufende Exzenterwelle 3, die praktisch spielfrei von dem hülsen- oder hohlwellenartigen Bereich 4 umschlossen wird, der mit dem Werkzeugträger 5 starr verbunden ist. Die Länge des Werkzeugträgers 5, stets einschließlich des freiliegenden Be-

reichs des Werkzeugs, hat den bereits erläuterten Wert  $R$ , während die Größe der Exzentrizität  $e$  hier mit  $r_1$  bezeichnet ist. Es handelt sich also um den in Fig. 1 mit  $r$  bezeichneten Wert, und die beiden Größen  $R$  und  $r_1$  sind im Hinblick auf die gewünschten Werte der beiden Halbachsen der Ellipse gewählt.

Bei 6 ist das feststehende zu bearbeitende Werkstück angedeutet.

Wie bereits bemerkt, erfolgt bei der Erfindung eine Drehung bzw. Schwenkung des Werkzeugträgers 5 um die Exzenterwelle 3 entgegen der Schwenkung des Exzenter  $e$  um die Antriebsachse 2, die zugleich die Achse der gesamten Werkzeugmaschine darstellt. Zur Erzielung dieser Gegenläufigkeit der Schwenkbewegung des Werkzeugträgers 5 kämmt das starr an der Hohlachse 4 befestigte Zahnrad 7 in einem umlaufenden Eingriffspunkt mit dem Innenzahnkranz 8, dessen Radius  $r_2$  doppelt so groß wie der Radius  $r_1$  ist und der starr am Gehäuse 9 des Antriebsmotors 1 gehalten ist.

In der Ausführungsform gemäß Fig. 3 ist die Ausgangswelle 20 des Antriebsmotors 21 nicht direkt, sondern über das Getriebe 22, 23 mit dem Exzenter, hier gebildet durch das Gehäuse 24, verbunden. Der Werkzeugträger 25, der wiederum die Länge  $R$  besitzt und innerhalb des zu bearbeitenden Werkstücks 26 verläuft, ist über die Exzenterwelle 27 bei 28 in dem demgemäß umlaufenden Gehäuse 24 gelagert. Bei 29 erkennt man eine feststehende Welle, die das innenverzahnte Hohlrad 30 trägt; dieses steht wiederum in umlaufendem punktförmigen Eingriff mit dem Zahnrad 31, wobei die Zahnräder 30, 31 ein Getriebe mit der Übersetzung  $i = 2 : 1$  bilden. Auch hier wird durch dieses örtliche "Festhalten" des Zahnrads 31 die erforderliche Gegenläufigkeit der Schwenk- bzw. Drehbewegungen des Exzenter mit der Länge  $r_1$  einerseits und des Werkstückträgers 25 mit der Länge  $R$  andererseits sichergestellt.

Ehe auf den offensichtlich komplizierteren Aufbau der Lösung gemäß Fig. 4 eingegangen wird, ist darauf hinzuweisen, daß bei kleinen Werten der Exzentrizität, bisher bezeichnet mit  $r$  bzw.  $r_1$ , sich infolge kleiner Verzahnungsteilkreise, Zahnflankenspiel und Teilungsfehlern Festigkeits- und Genauigkeitsprobleme ergeben können. Insbesondere für den Fall, daß sich bei der bisher beschriebenen Ausbildung der Erfindung sehr kleine Verzahnungsdurchmesser ergeben, sieht Fig. 4 eine elegante Lösung vor, die ohne Beeinträchtigung der durch die jeweils zu fertigende Ellipse vorgegebenen Werte für die Halbachsen derselben, d. h. ohne Beeinträchtigung der bisher mit  $r$  bzw.  $r_1$  und  $R$  bezeichneten Werte, größere Verzahnungsdurchmesser vorzusehen gestattet. Die erforderliche Übersetzung wird durch zusätzliche Verzahnungen erreicht.

Betrachtet man nun Fig. 4 im einzelnen, so erkennt man bei 40 den Antriebsmotor, der auf seiner Welle 41 den Exzenter 42 trägt, der seinerseits auf der Exzenterwelle 43 drehbar den Werkzeugträger 44 hält. Auch hier ist das Werkstück 45 feststehend gelagert.

Die Antriebswelle 41 des Motors 40 trägt ferner drehfest das Zahnrad 46, das mit dem bei 47 ortsfest, aber drehbar gelagerten Zahnrad 48 zusammenwirkt. Dieses wiederum steht in umlaufendem örtlichen Eingriff mit dem Innenzahnkranz 49 in dem gehäuseartigen Teil 50, das auf der Welle 41 drehbar gelagert ist. Auf seiner in der Figur rechten Seite trägt das Gehäuse 50 den Innenzahnkranz 51, der wiederum in umlaufendem punktförmigen Eingriff mit dem Zahnrad 52 an der den Werkzeugträger 44 haltenden Hohlwelle 53 steht.

Bezeichnet man die Teilkreisradien der verschiede-

nen Verzahnungen mit dem Buchstaben  $r$  unter Verwendung von Indizes, die dem Bezugszeichen des jeweils betrachteten Zahnrads entsprechen, also beispielsweise den Teilkreisradius des Zahnrads 48 mit  $r_{48}$ , so ergibt sich folgendes:

Die Exzentrizität  $e$ , d. h. die entsprechende Bemessung des Teils 42, ist durch die gewünschte Ellipse vorgegeben. Dasselbe gilt für die Länge  $R$  des Werkzeugträgers 44. Wählt man die Werte  $r_{52}$  und  $r_{46}$ , wobei für diese Wahl insbesondere der Gesichtspunkt der Wahrung bestimmter Mindestwerte der Verzahnungsdurchmesser entscheidend ist, so sind die übrigen Radien vorgegeben:

$$r_{49} = r_{46} \cdot \frac{r + r_{52}}{r_{52}}$$

$$r_{48} = \frac{r_{46}}{r_{52}} \cdot \frac{r}{2}$$

Es kann zweckmäßig sein, die Verzahnungen des Zahnrads 46 und des Innenzahnkranzes 51 durch Profilverschiebung zu vergrößern.

In dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 schließlich ist die Drehachse 60 des Exzenter 61 wiederum beispielsweise von einem Elektromotor her mit einer bestimmten Drehzahl oder Winkelgeschwindigkeit  $\omega_r$  angetrieben. Der Exzenter 61 trägt mit der Exzentrizität  $r$  das erste Schwenklager 62 für das innere Ende des Werkzeugs bzw. Werkzeughalters 63, wobei der Abstand zwischen der parallel zur Drehachse 60 verlaufenden Lagerachse 64 und dem Arbeitsbereich 65 des Werkzeugs die bereits mehrfach erwähnte Größe  $R$  besitzt. Wie eingangs erläutert, muß das Werkzeug bzw. der Werkzeughalter 63 seinerseits mit einer Drehzahl bzw. Winkelgeschwindigkeit  $\omega_R$  rotieren, die gleich groß wie die Winkelgeschwindigkeit  $\omega_r$ , aber ihr entgegengerichtet ist. Zu diesem Zweck greift am Werkzeug bzw. Werkzeughalter 63 radial gegen das erste Schwenklager 62 versetzt das weitere Schwenklager 66 mit der Schiebehülse 66' an, dessen Lagerachse 67 ebenfalls parallel zur Drehachse 60 ausgerichtet ist und das von dem Hohlrad 68 mit dem Innenzahnkranz 69 getragen ist. Der Innenzahnkranz 69 wird über zwei Planetenradsätze 70 und 71 von der Drehachse 60 her angetrieben. Betrachtet man zunächst den ersten Planetenradsatz 70, so enthält er das einen Bestandteil des Exzenter 61 bildende, drehfest auf der Drehachse 60 angeordnete erste Zahnrad 72 sowie das mit diesem kämmende zweite Zahnrad 73 auf dem maschinenfesten Steg 74. Dieses zweite Zahnrad 73 ist über die Hülse 75 koaxial und drehfest verbunden mit dem dritten Zahnrad 76, das bereits einen Bestandteil des zweiten Planetenradsatzes 71 bildet, der durch den bereits erwähnten Innenzahnkranz 69 komplettiert ist. Die Übersetzungen der Planetenradsätze 70 und 71 sind so gewählt, daß das Hohlrad 68 mit dem weiteren Schwenklager 66 für das Werkzeug bzw. die Werkzeughalterung 63 die beschriebene, zur Rotation der Drehachse 60 gegensinnige Drehbewegung ausführt.

Bezüglich der konstruktiven Ausführung sei noch ergänzt, daß der Steg 74 von der ortsfest gehaltenen Hülse 77 ausgeht, in der einerseits über Kugellager drehbar die Drehachse 60 gelagert ist, während die Hülse 76 zugleich mit ihrer Außenseite drehbar das Hohlrad 68 trägt.

Mit der Erfindung ist demgemäß eine gattungsgemäße Werkzeugmaschine geschaffen, die bei einfachem



Aufbau die Bearbeitung elliptischer Bohrungsflächen mit hoher Genauigkeit ermöglicht.

verbundenes drittes Zahnrad (76) sowie den Innenzahnkranz (69) enthält.

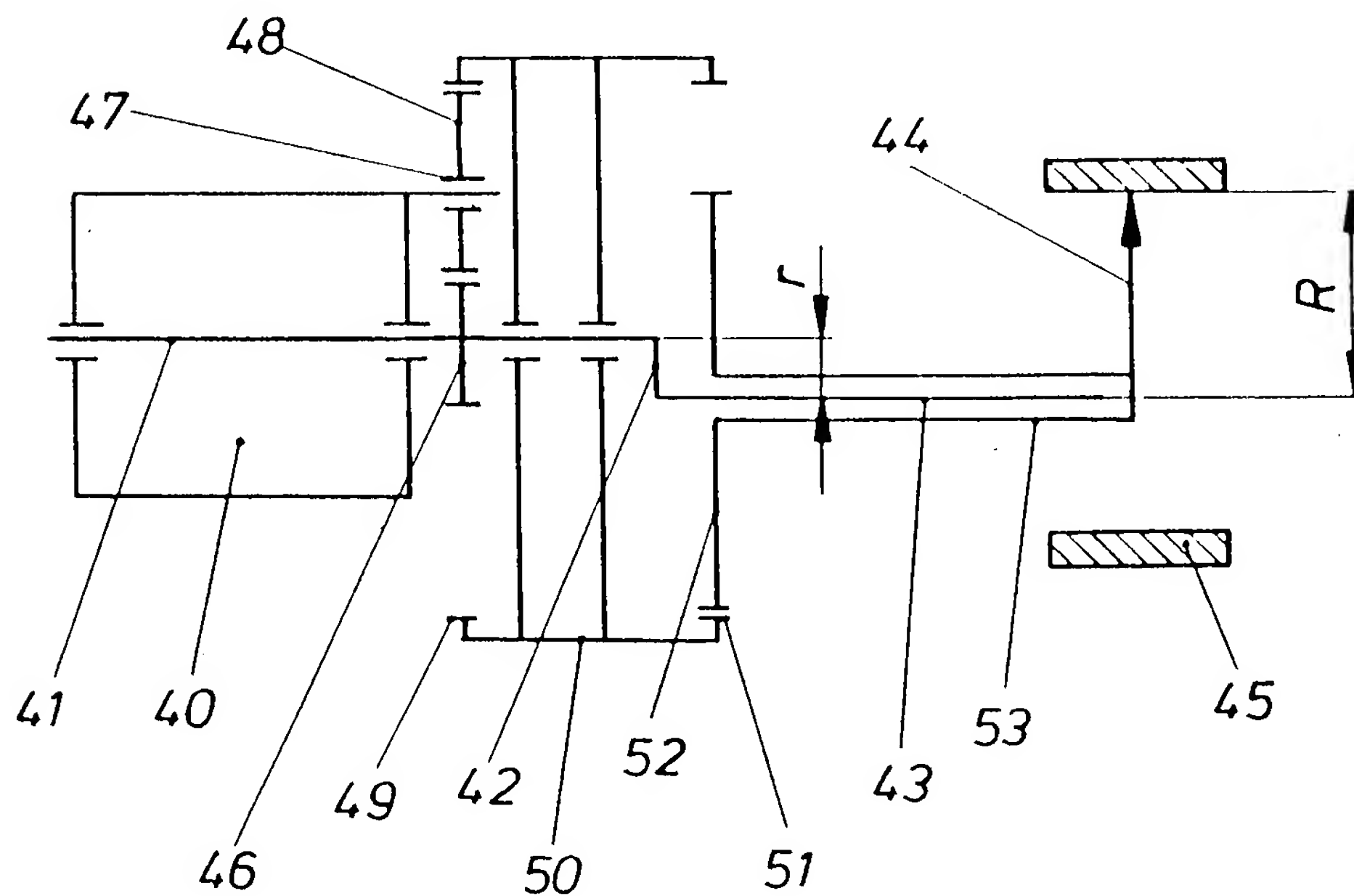
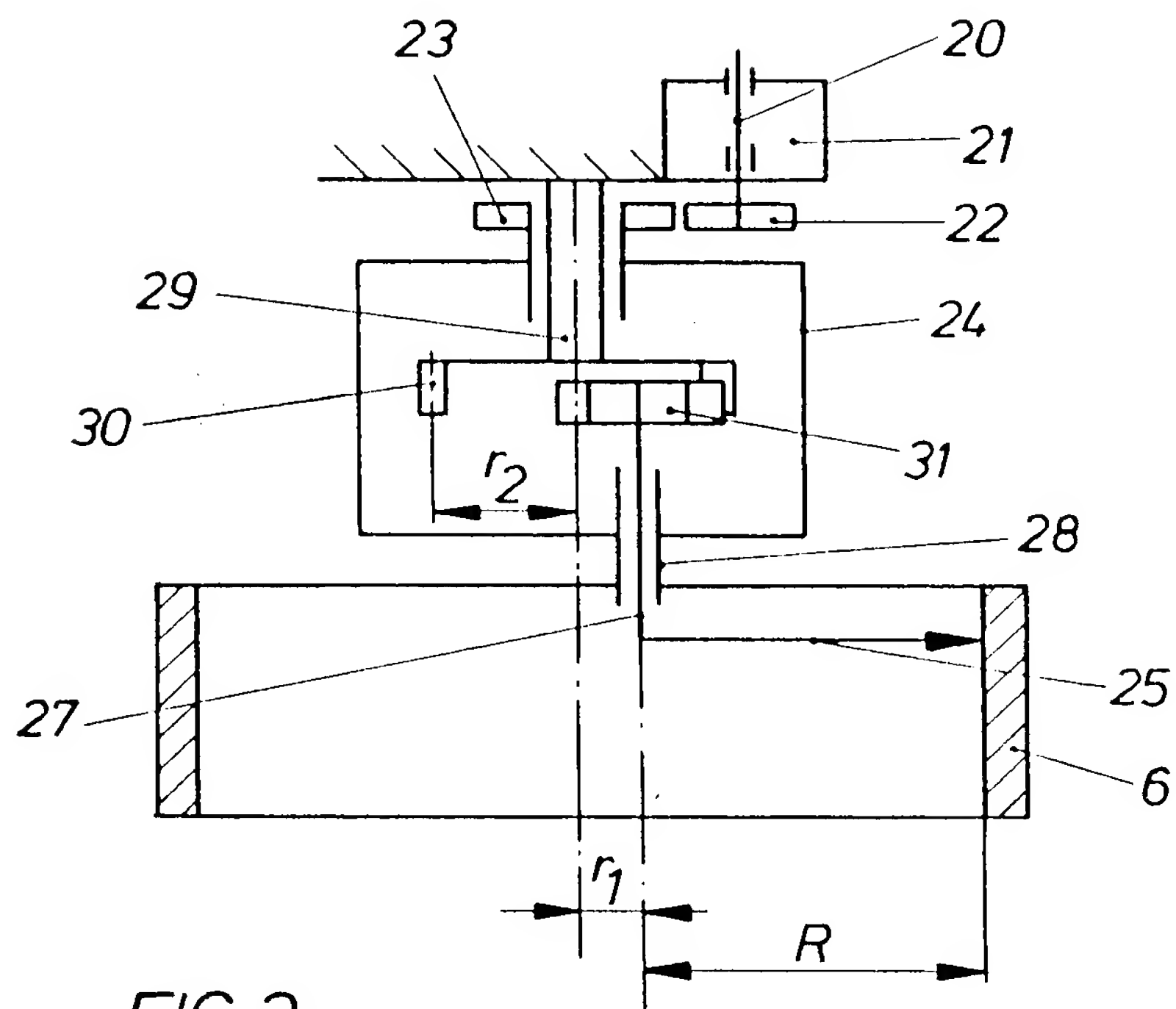
#### Patentansprüche

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

1. Werkzeugmaschine zum Bearbeiten einer Bohrung mit elliptischem Querschnitt in einem Werkstück, insbesondere einem Zylinderblock für eine Brennkraftmaschine, mit einem materialabtragenden Werkzeug, **gekennzeichnet durch** einen um eine Drehachse (a), die mit der Achse der Querschnittsellipse (E) des feststehenden Werkstücks zusammenfällt, einsinnig rotierend angetriebenen Exzenter (e) vorgegebener Exzentrizität (r) und einen Werkzeughalter (W), der den Arbeitsbereich des Werkzeugs in einem vorgegebenen radialen Abstand (R) vom Ende (D) des Exzenters (e) und um dieses gegensinnig zur Rotation des Exzenters (e), aber mit gleicher Winkelgeschwindigkeit ( $\omega_R$ ) rotierend hält, wobei Exzentrizität (r) und radialer Abstand (R) dadurch vorgegeben sind, daß die Länge der großen Halbachse der Querschnittsellipse (E) gleich der Summe, dagegen die Länge der kleinen Halbachse der Querschnittsellipse (E) gleich der Differenz von beiden ist.
2. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Exzenter (e) eine zu seiner Drehachse (2) parallele Exzenterwelle (3) enthält, die drehbar einen buchsenartigen Bereich (4) des Werkzeughalters (5) mit einem Zahnrad (7) trägt, das in örtlichem Eingriff mit einem zu der Drehachse (2) konzentrischen feststehenden Innenzahnkranz (8) steht, dessen Radius ( $r_2$ ) doppelt so groß wie der Radius ( $r_1$ ) des Zahnrads (7) ist.
3. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Exzenter (42) eine zu seiner Drehachse (41) parallele Exzenterwelle (43) enthält, die drehbar einen buchsenartigen Bereich (53) des Werkzeughalters (44) mit einem Zahnrad (52) trägt, das in örtlichem Eingriff mit einem zu der Drehachse (41) konzentrischen Innenzahnkranz (51) steht, dessen Durchmesser zwar größer als derjenige des Zahnrads (52), aber weniger als doppelt so groß wie dieser ist, und daß der Innenzahnkranz (51) gegensinnig zur Rotation des Exzenters (42) über ein zumindest ein Zahnradpaar (46, 48) enthaltendes Zwischengetriebe solcher Auslegung drehangetrieben ist, daß die Winkelgeschwindigkeiten von Exzenter (42) und Werkzeughalter (44) betragsmäßig gleich sind.
4. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Exzenter (61) ein zu seiner Drehachse (60) achsparalleles Schwenklager (62) für den Werkzeughalter (63) trägt, dem radial versetzt ein weiteres Schwenklager (66) an einem um die Drehachse (60) drehbar gelagerten Innenzahnkranz (69) zugeordnet ist, der über von der Drehachse (60) her angetriebene Planetenradsätze (70, 71) gegensinnig zur Rotation des Exzenters (61), aber mit gleicher Winkelgeschwindigkeit ( $\omega_R$ ) drehangetrieben ist.
5. Werkzeugmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Planetenradsatz (70) ein auf der Drehachse (60) drehfestes erstes Zahnrad (72) sowie ein um eine zur Drehachse (60) parallele, in der Maschine ortsfeste Achse (74) drehbares zweites Zahnrad (73) und ein zweiter Planetenradsatz (71) ein mit dem zweiten Zahnrad (73) koaxial

— Leerseite —





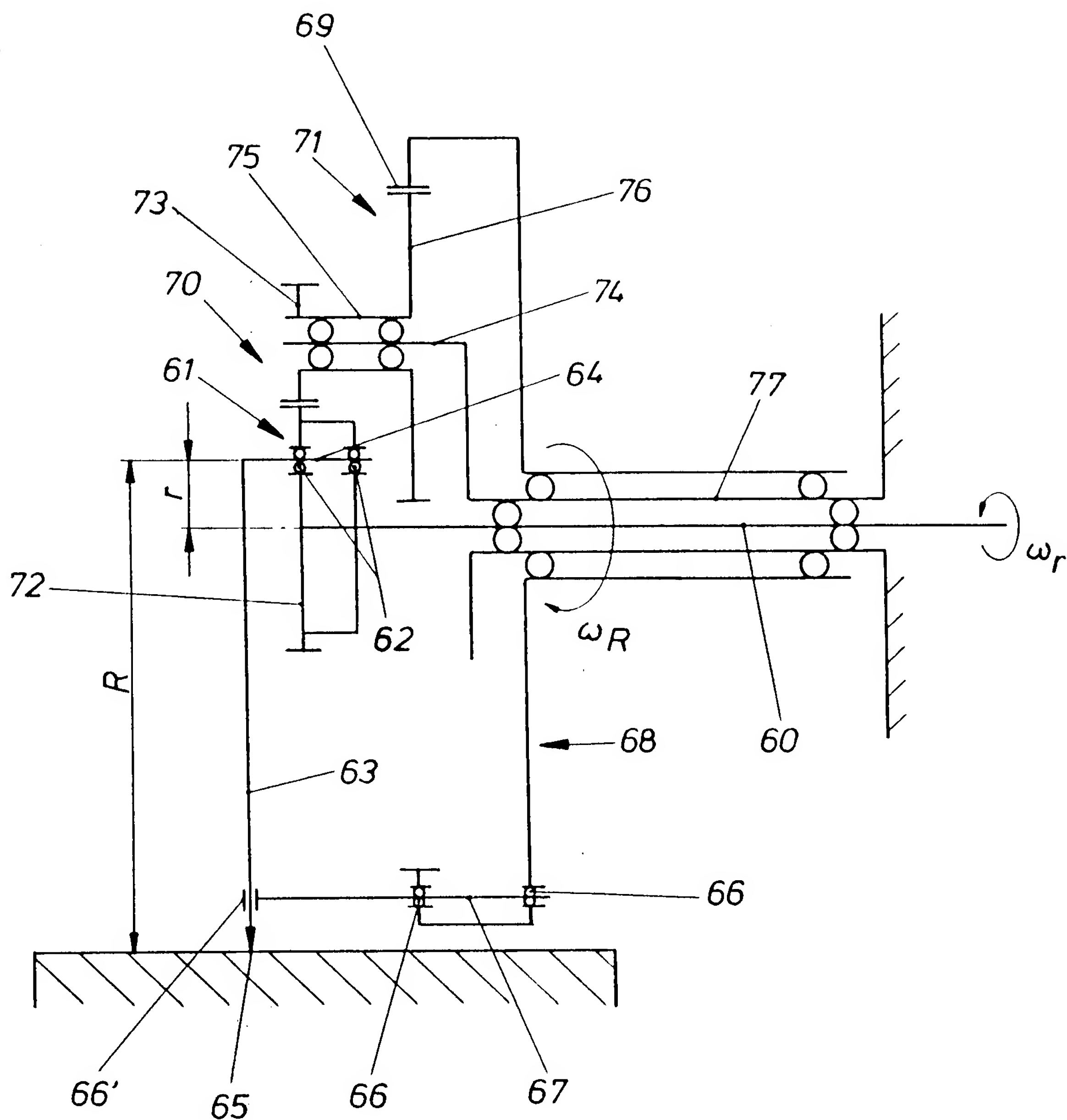


FIG 5



**PUB-NO:** DE004019704A1  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** DE 4019704 A1  
**TITLE:** Machine for boring holes of elliptical cross-section - has tool guided by two connected revolving arms  
**PUBN-DATE:** January 3, 1991

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
KRUEGER, HERMANN DR	DE
GRUESCHOW, GERHARD DR	DE
WESTPHAL, CHRISTIAN DR	DE

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
VOLKSWAGENWERK AG	DE

**APPL-NO:** DE04019704  
**APPL-DATE:** June 21, 1990

**PRIORITY-DATA:** DE04019704A (June 21, 1990)

**INT-CL (IPC):** B23B005/44 , B23B041/04 , B24B033/00 , F02F001/00

**EUR-CL (EPC):** B23Q027/00

**US-CL-CURRENT:** 82/142 , 409/200

**ABSTRACT:**

A machine tool for boring a hole of elliptical cross-section, consists of a rotating shaft (a) which carries an arm (e) of radius (r). This first arm (e) carries a second arm (W) of radius (R) which rotates in a bearing (D) at the end of the first arm (e). This second arm (W) carries a tool (B) at its outer end and rotates at the same speed as the first arm (e) but in the opposite direction. The hole produced by the machine tool has an elliptical cross-section with the major axis equal to  $(R+r)$  and the minor axis equal to  $(R-r)$ .  
USE - For boring engine cylinder blocks with elliptical cylinders.